

Δαίμων. *Revista de Filosofía*, suplemento 2, 2008, 263-270

Simulación y tratamiento de problemas complejos en entornos multidisciplinares. Una propuesta para los Comités de Ética

MIGUEL MORENO MUÑOZ¹
(Universidad de Granada)

Introducción

La institucionalización de comités y órganos multidisciplinares con funciones de asesoramiento, decisión o supervisión de ciertos aspectos de una actividad profesional es un fenómeno creciente en países que han desarrollado mecanismos eficaces de participación y control social en los procesos de toma de decisiones. Cada vez más, estos comités se ven obligados a emitir informes de diversa naturaleza sobre problemas complejos, en particular sobre conflictos surgidos en el terreno de la asistencia sanitaria (distribución de recursos, casos que no encajan en los protocolos habituales, prácticas de dudosa justificación ética, medidas desproporcionadas, etc.), sobre protocolos de investigación clínica o sobre nuevas aplicaciones de los avances científico-tecnológicos.²

La composición de estos órganos suele venir regulada por ley, pero en general todos tienen un claro perfil multidisciplinar, con predominio del personal con más responsabilidad en el sector de actividad sobre el que tienen competencias. No obstante, la mayoría deben incluir entre sus miembros a algún experto en ciencias sociales, en derecho u otras áreas, y a lo largo del período de acreditación se procura que todos los integrantes adquieran cierta formación en aspectos básicos de la argumentación ética.³ Cuando el caso lo requiera, pueden invitar a expertos que les asesoren en temas de especial complejidad.

¹ mm3@ugr.es

² Los comités de bioética estatales y autonómicos de naturaleza normativa y/o consultiva suelen asesorar al jefe de estado y a funcionarios públicos, en particular a ministros o consejeros de ciencia y tecnología y a su personal, acerca de cuestiones bioéticas, en especial aquellas que eventualmente exigirían la formulación de nuevas políticas gubernamentales. Algunas denominaciones habituales: «Consejo Nacional Consultivo sobre la Ética de la Investigación», «Comité Nacional de Ética para la Investigación Clínica», «Comité de Bioética», «Comité Nacional de Ética para la Investigación en Ciencia y Tecnología», «Comité Nacional de Ética para la Investigación Médica», etc. Son más numerosos los comités locales e institucionales de ética asistencial (CEAS hospitalarios, p.ej., que abordan conflictos surgidos en la atención a los pacientes) y de ética de la investigación clínica (CEICs, para proteger a los sujetos que participan en ensayos clínicos y propiciar que la investigación responda a estándares éticos). En unos y otros se delibera sobre cuestiones bioéticas generales, sobre problemas planteados por la difusión de nuevas aplicaciones de las ciencias biomédicas, de las ciencias del comportamiento o de las biotecnologías, p.ej. También se ocupan de abordar problemas bioéticos emergentes y sugerir orientaciones con finalidad preventiva o proactiva ante casos y conflictivos de interés mediático.

³ D. Gracia (1999): «Principios y metodología de la bioética», en A. Couceiro (ed.) *Bioética para clínicos*. Madrid. Triacastela, págs. 201-222.

Las diferentes metodologías de trabajo en todos estos órganos se enfrentan al reto de articular referencias conceptuales y capacidades deliberativas comunes desde perspectivas profesionales muy diferentes y sobre casos o problemas a menudo muy complejos, donde cada miembro se ve obligado a considerarlos no desde su punto de vista habitual –científico, clínico, jurídico, financiero, administrativo...–, sino desde una perspectiva bioética que debe traducirse en propuestas, dictámenes o informes bien fundamentados, eficaces y realistas. Se da por supuesto que la presencia de distintos profesionales asegura un buen conocimiento de los hechos relevantes para cada caso y su contexto, por lo que gran parte de los esfuerzos de formación para los integrantes de estos comités se centran en familiarizarlos con la diversidad de teorías éticas existente y ciertas claves de argumentación moral. Las deliberaciones introductorias se articulan sobre casos-tipo que permiten apreciar, entre otros aspectos, la importancia de principios básicos como el respeto a la autonomía y a la libertad de los sujetos en los procesos de obtención de consentimiento informado; las modulaciones de los diferentes derechos en contextos específicos de la asistencia sanitaria; las exigencias del principio de justicia para conseguir un reparto equitativo de riesgos, cargas y beneficios; y cómo evitar daños o reducir al mínimo los riesgos, cuando no es posible promover directamente el bienestar. A los miembros de los comités de bioética no se les exige que se hagan expertos en bioética, pero sí un cierto entrenamiento en el tratamiento de los aspectos éticos asociados a casos y problemas complejos.

Mi propuesta destaca la utilidad de las técnicas de simulación para facilitar el aprendizaje multidisciplinar a los miembros de estos comités y para desarrollar modelos precisos de los dominios donde surgen los casos y problemas complejos sobre los que deben orientar. El entrenamiento en las técnicas de simulación sobre diferentes contextos de problemas potenciaría los procesos de aprendizaje multidisciplinar, generaría percepciones más detalladas de los problemas a tratar y podría contribuir a mejorar la calidad y las posibilidades de consenso en los procesos de deliberación.

1. El desafío de la complejidad y la multidisciplinariedad

Cuanto más nos alejamos del contexto propio de «disciplinas afines» (las que confluyen en la investigación biomédica, p.ej.) y se requiere la colaboración entre expertos con perfiles profesionales muy heterogéneos (biólogos moleculares, personal sanitario, juristas, sociólogos, economistas, políticos...), como exige a menudo la cooperación internacional en proyectos de investigación sobre problemas complejos, mejor comprendemos los desafíos de la multidisciplinariedad. La puesta en marcha de programas de formación y entornos de trabajo verdaderamente multidisciplinarios continúa siendo reto, si entendemos por multidisciplinariedad la cooperación efectiva, habitual y coordinada de profesionales con habilidades y formación teórica muy diferentes, implicados por igual en la resolución de problemas complejos que requieren acciones y decisiones en varios niveles (científico-técnico, legal, ético, socio-político...).

No es tarea fácil agilizar el proceso de transición desde sistemas de formación y capacitación profesional centrados en especialidades y disciplinas afines hacia otros centrados en contextos de problemas. La investigación genética, los problemas medioambientales, las neurociencias y sus aplicaciones constituyen, por su complejidad, algunos de estos nuevos contextos de problemas que demandan nuevas formas de investigación cooperativa y una formación multidisciplinar genuina, tanto en conocimientos básicos como en métodos y herramientas de trabajo. Los comités de ética constituyen contextos apropiados para estudiar las dificultades de la cooperación multidisciplinar porque su funcionamiento sólo es posible superando la confluencia ocasional de intereses académi-

cos o profesionales y la mera yuxtaposición de especialidades en marcos institucionales rígidamente compartimentados, donde los diferentes profesionales aprendieron a desarrollar la mayor parte de su carrera en condiciones de estricta uniformidad disciplinar.

La típica agregación de áreas de conocimiento especializado en las facultades universitarias impone restricciones tanto en los procesos de formación y capacitación profesional como en los objetivos, habilidades metodológicas, dominios de problemas considerados relevantes y proyectos de investigación a desarrollar. Contribuye a perpetuar inercias en una misma trayectoria de especialización unidisciplinar y a fomentar todo tipo de fobias a la multidisciplinariedad. Entre sus secuelas tendríamos perfiles profesionales hiperespecializados en algún área experimental pero en condiciones de verdadero analfabetismo científico respecto de cualquier contenido propio de las ciencias sociales; o incluso en aspectos básicos de disciplinas afines, tras algunos años de trabajo en dominios de problemas muy acotados. Con igual o mayor frecuencia conviven una formación humanística de cierto nivel y la más absoluta ignorancia de aspectos y desarrollos elementales en el ámbito de las ciencias naturales, sin los cuales difícilmente podríamos comprender el mundo en que vivimos. El desarrollo de complejas habilidades en el terreno formal y especulativo, tras un largo período de formación universitaria, no es incompatible con una ignorancia supina en todo lo relativo a ciencias aplicadas, si se han seguido al pie de la letra trayectorias férreamente arraigadas en el sistema actual de formación superior. Pero tanto en ciencias sociales como en áreas experimentales podemos encontrar perfiles profesionales en los que contrasta la aparente solidez de la formación científica y teórica recibida con una llamativa escasez de habilidades instrumentales, más propia de contextos de analfabetismo tecnológico que de un sistema universitario mínimamente desarrollado. El verdadero reto de la multidisciplinariedad consiste en fomentar contextos de formación y trabajo centrados en problemas complejos que requieren nuevas formas de colaboración multidisciplinar genuina, y que obligan a superar las divisiones tradicionales entre ciencias naturales y sociales, entre investigación teórica y aplicada, entre las habilidades metodológicas y la capacitación tecnológica propias de expertos en disciplinas no afines. El éxito de un proceso de capacitación multidisciplinar depende menos de lo ya aprendido que de la disposición a iniciar de manera autónoma nuevos procesos de formación teórica y entrenamiento en habilidades instrumentales, planificados en función de las características y complejidad de los problemas a tratar.⁴ La formación de los participantes en los comités de ética demanda contextos flexibles de formación y cooperación interprofesional, donde se definen los objetivos, estrategias de trabajo, áreas de conocimiento relevantes y niveles de decisión implicados.

La complejidad de los trámites asociados a la gestión y coordinación de proyectos multidisciplinarios puede adquirir proporciones de efectos disuasorios, si las instituciones en que podrían llevarse a cabo no desarrollan nuevas herramientas de gestión, colaboración y apoyo especializados. Este hecho explica la renuncia de muchos investigadores a involucrarse en iniciativas multidisciplinarias promotoras. El sobreesfuerzo burocrático requerido para llevarlas a cabo difícilmente se ve recompensado por los resultados previsibles, especialmente cuando en su evaluación intervienen varias agencias o comités. Pese a todo, estos obstáculos resultan superables y es posible sugerir el tipo de habilidades que favorecen una cooperación multidisciplinar exitosa.

4 V. Garrafa (2005): «Multi-inter-transdisciplinariedad, complejidad y totalidad concreta», en Garrafa, V., Kottow, M., Saada, Alya (eds.): *Estatuto epistemológico de la bioética*. UNESCO/UNAM, México, págs. 18-85; B. Nicolescu, *Educação e transdisciplinaridade*. Brasília, UNESCO, 2000.

2. Habilidades y estrategias para la cooperación multidisciplinar

Sobre el trasfondo de un marco institucional favorable, pueden identificarse ciertas habilidades que parecen de enorme utilidad tanto en las ciencias sociales como en las ciencias empíricas:

1. **Analíticas e inductivas:** Se requieren para toda fase de observación y estudio de casos o fenómenos relevantes. Proporcionan el sustrato para la formulación de hipótesis, formulación de leyes y su encuadre en teorías. Son necesarias también en los procedimientos inversos de contrastación de la teoría con la realidad y para realizar predicciones o proyecciones de diverso alcance. En este contexto resulta pertinente la distinción entre «leyes por generalización» y «leyes naturales» (F. Dretske),⁵ fundamental para distinguir cuándo estamos ante relaciones causales que implican una relación entre magnitudes y cuándo ante asociaciones de otro tipo.
2. **Deductivas e interpretativas:** El entrenamiento en deducir con rigor a partir de axiomas, principios o reglas bien conocidas es fundamental en múltiples fases de la actividad intelectual multidisciplinar, sea para clasificar y subsumir casos bajo determinadas categorías o para interpretar los datos desde claves complejas. La necesidad de moverse en varios registros y niveles de interpretación, con presupuestos variables en el manejo de un mismo material empírico, se traduce en consecuencias diferentes y en propuestas de múltiples cursos de acción, sobre todo cuando además implican valores diversos y pluralidad de enfoques epistémicos o ideológicos.
3. **Simulativas, aplicadas a procesos y entornos complejos:** La insuficiencia del método hipotético-deductivo para resolver problemas complejos (con gran número de variables) y el hecho de que los procesos causales pueden interrelacionarse a varios niveles obliga a emplear instrumentos auxiliares muy sofisticados en todas las fases de investigación (obtención, filtrado y análisis de datos; distribución de tareas de procesamiento y cálculo; especialización en las tareas de representación, interpretación y valoración...). Por su potencial para combinar las ventajas de la computación de alto rendimiento, la inteligencia artificial distribuida⁶ y la distribución de tareas en *grid*,⁷ la **simulación** (y, en especial, la simulación *in silico*) está adquiriendo una importancia creciente como método cada vez más necesario para comprender procesos complejos y obtener representaciones lo más adecuadas posibles a entornos reales.

5 F. Dretske (1981): *Knowledge and Flow of Information*. Oxford, Basil Blackwell Publisher, 1981 (trad. esp.: *Conocimiento e información*, Salvat, Barcelona, 1987); idem (1983): «Précis of *Knowledge and the Flow of Information*», en *The Behavioral and Brain Sciences* vol. 6, págs. 53-56.

6 Se define como aquella parte de la IA que se centra en comportamientos inteligentes colectivos que son producto de la cooperación de diversos agentes. Cfr. C.A. Iglesias (1998): *Definición de una Metodología para el Desarrollo de Sistemas Multiagentes* (Tesis Doctoral), Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos, Universidad Politécnica de Madrid; G.M.P. O'Hare y N.R. Jennings (eds., 1996): *Foundations of Distributed Artificial Intelligence*. John Wiley and Sons, NY.

7 «*Grid computing*» es un nuevo modelo de computación que permite realizar computación de alto rendimiento aprovechando el potencial de múltiples ordenadores en red, configurando una arquitectura virtual de computación capaz de distribuir la ejecución de procesos a través de una infraestructura paralela. Las *grids* sacan provecho de los recursos de muchos ordenadores individuales conectados a una red, normalmente a través de Internet, para abordar la resolución de problemas muy complejos en términos de computación (p.ej., el procesamiento de series de datos extensas descomponiéndolas en muchas más pequeñas; o la realización de cálculos complejos, inviábiles en un solo ordenador, gestionando una división en paralelo de la carga de los procesadores de los equipos interconectados).

Autores como Axelrod consideran la simulación incluso una *tercera vía de conocimiento*, puesto que el modelo obtenido por simulación puede mejorar la comprensión, representación o explicación de procesos complejos:

«La simulación es la tercera forma de hacer ciencia, en contraste con la inducción y la deducción. Igual que la deducción, comienza con una serie de asunciones explícitas. Pero, a diferencia de la deducción, no demuestra teoremas. En su lugar, una simulación genera datos que pueden ser analizados inductivamente. A diferencia de la inducción típica, los datos simulados proceden de una serie de reglas rigurosamente especificadas, más que de mediciones directas del mundo real. Mientras la inducción puede usarse para hallar patrones en los datos y la deducción para derivar consecuencias de las hipótesis, el modelo obtenido por simulación puede utilizarse para ayudar a la intuición».⁸

La adquisición y entrenamiento en estas habilidades (o al menos un cierto grado de familiarización con ellas) sería un componente útil en todos los procesos formativos que aspiren a preparar para una inserción profesional exitosa en entornos de trabajo genuinamente multidisciplinares, como suelen ser los comités de ética. Pero ni siquiera cuando su desarrollo haya sido óptimo será posible evitar que las aproximaciones a la realidad resulten siempre parciales, puesto que cierto grado de reduccionismo parece inherente a toda explicación interesante y porque el esquematismo acompaña siempre a nuestras representaciones, algo que las hace susceptibles de mejora permanente y compatibles con enfoques de aproximación asintótica a la realidad.

3. El valor de la simulación

Simulación significa literalmente poner en marcha y dirigir el modelo de un sistema para observar los resultados correspondientes (*outputs*) a diferentes entradas (*inputs*), tratadas según los mecanismos y reglas que hipotéticamente hacen funcionar el sistema. La simulación puede imitar procesos, estados de cosas o fenómenos en el mundo real. Puede emplearse para reproducir los rasgos y funcionamiento de un sistema en otro diferente (para estudiar el comportamiento de estructuras arquitectónicas en ordenador, p.ej.), lo que implica normalmente una buena representación de ciertas características y aspectos fundamentales de la conducta del sistema físico (o abstracto) utilizado como referencia.⁹

La alteración de parámetros en el sistema donde se realiza la simulación permite estudiar y conocer mejor lo que ocurre en el sistema de referencia y desarrollar herramientas de gran potencial predictivo, si se conocen bien las condiciones iniciales. Modelos matemáticos y computacionales de gran precisión permiten reproducir con facilidad el comportamiento de sistemas complejos en el mundo real (control de una aeronave, ingeniería estructural, análisis de mercados, dinámica de fluidos, funcionamiento de circuitos electrónicos, etc.). Con este fin se han desarrollado múltiples lenguajes y paquetes de simulación.¹⁰ Su principal ventaja es la posibilidad de crear con ellos un

8 Axelrod, R. (1997): «Advancing the Art of Simulation in the Social Sciences,» *Complexity* (3:2), pp 16-22 (cita: p. 17).

9 C. A. Chung (2004): *Simulation Modeling Handbook: A Practical Approach*. CRC Press.

10 *Simula* es uno de los clásicos (<http://es.wikipedia.org/wiki/Simula>). También *SimBioSys* (<http://www.kumo.com/~david/SimBioSys/>). Otros ejemplos pueden verse en http://jair.lab.fi.uva.es/~pablfue/leng_simulacion/externos/jie99simsurvey.pdf. Cfr. tb. A.M. Law, W.D. Kelton (2001): *Simulation Modeling and Analysis*, 3rd edition. McGraw-Hill.

modelo simplificado, normalmente en ordenador, con el que operar para analizar lo que ocurre en el sistema bajo diferentes condiciones. La simulación pretende imitar los procesos internos, no meramente los resultados, del sistema de referencia. La modificación en las variables suele traducirse en diferentes resultados. Por esta razón la simulación se presta a múltiples aplicaciones y resulta de gran utilidad para predecir, representar, entrenar, entretener, educar, demostrar y descubrir.

- *Con fines predictivos*, la simulación permite procesar series de datos muy complejas mediante múltiples reglas, fórmulas o esquemas de interrelación, y generar sus consecuencias. Es una herramienta fundamental para el análisis de mercados, p.ej.
- *Para ejecución de tareas complejas* como reconocimiento de voz, diagnóstico médico, cirugías virtuales, optimización de funciones y otras en el dominio de la inteligencia artificial.
- *Optimización de procesos y funciones*, en aplicaciones de técnicas de inteligencia artificial que pretenden emular el modo humano de percibir, tomar decisiones o desarrollar interacciones sociales. La simulación de entornos de trabajo apoyada en una infraestructura computacional de alto rendimiento puede ser muy útil para el desarrollo de nuevas técnicas y estrategias.
- *Entrenamiento*: Fue una de las primeras aplicaciones, y con más éxito, de los primeros sistemas de simulación. Permitían entrenar a individuos proporcionándoles una representación dinámica e interactiva de un entorno determinado, con un grado razonable de exactitud. Los simuladores de vuelo constituyen un buen ejemplo.
- *Ocio y diversión*, a partir de ligeras modificaciones en los sistemas de simulación para entrenamiento y añadiendo la posibilidad de diseñar entornos y condiciones de partida imaginarios. Es un recurso habitual en la lucrativa industria de los videojuegos.
- *Educación*: Es otra aplicación de las técnicas de simulación que se solapa bastante con las de entrenamiento y ocio. Se distingue porque el modelo no tiene que ser tan rico en detalles y complejidad como el sistema de referencia para conseguir el objetivo de familiarizar a los estudiantes con el aprendizaje autónomo de los principios y relaciones que explican su comportamiento.
- *Demostración*: La simulación puede ayudar a demostrar la existencia de algo, p.ej. el surgimiento de patrones de comportamiento complejos a partir de reglas muy simples.¹¹
- *Descubrimiento*: Predecir, demostrar y ayudar a descubrir constituyen la principal utilidad de la simulación como metodología científica. Las predicciones permiten validar o mejorar el modelo en que se apoya la simulación, pero favorecen además el descubrimiento de nuevas relaciones y principios. De ahí que en múltiples contextos se considere una herramienta tan fundamental para las demostraciones como para las predicciones. Si bien en las ciencias sociales los modelos de simulación utilizados no siempre resultan tan precisos como sería deseable –al menos no tan precisos como los utilizados en física de partículas o en termodi-

11 El *Juego de la Vida*, p.ej., es un «automáta celular» inventado por el matemático de Cambridge John Conway. Unas pocas reglas matemáticas simulan procesos celulares típicos (vivir, morir, multiplicarse). Dependiendo de las condiciones iniciales, las células forman varios patrones en el transcurso del juego. Cfr. <http://bloemenbuurt.bitstorm.org/gameoflife>. L. Tesfatsion desarrolló el *Trade Network Game*, una simulación en la que generaciones sucesivas de comerciantes virtuales representados por autómatas celulares que interaccionan en un mercado virtual, donde eligen y rechazan a socios comerciales según conveniencias de rentabilidad previsible e información sobre los socios que varían continuamente. Cfr. V. Castellar, M. Herrán, «Simulación de estrategias egoístas, altruistas y cooperativas», en <http://www.uv.es/~buso/dp/dp.html>.

námica—, lo cierto es que algunos modelos simples pueden tener un gran potencial heurístico y contribuir a mejorar el conocimiento disponible sobre procesos sociales complejos.¹²

Los entornos de trabajo multidisciplinares son, en principio, los mejores candidatos a posibilitar estrategias eficaces de aprendizaje, trabajo cooperativo, investigación y toma de decisiones basadas en modelos razonablemente precisos de sistemas sociales complejos. La interdisciplinariedad resultará obligada, puesto que suelen demandar el conocimiento y manejo experto de otros modelos referidos a procesos físicos y sociales en diferentes subdominios de un sistema. Son este tipo de entornos los adecuados para una investigación centrada en la simulación mediante modelos relativamente simples que ayuden a comprender mejor procesos y fenómenos complejos. La posibilidad de combinar de manera productiva la experiencia y formación de diferentes profesionales y disciplinas favorece las estrategias proactivas imprescindibles para avanzar en la solución de problemas complejos, como a menudo ocurre en los comités de ética. La simulación permite combinar con acierto *metodologías inductivas*, tan frecuentes en las ciencias empíricas (ya se trate de datos obtenidos por instrumentos de observación del mundo natural o bien se trate de análisis basados en encuestas de opinión o datos macroeconómicos, rutinarios en las ciencias sociales) y *metodologías deductivas* (las que permiten demostrar las consecuencias de una serie de axiomas previamente identificados).

Los entornos de trabajo multidisciplinares permiten desarrollar estrategias de simulación que, a modo de experimentos mentales, pueden ayudar a descubrir soluciones y consecuencias novedosas partiendo de presupuestos relativamente simples. Permiten apreciar efectos a gran escala de la interacción entre agentes locales y detectar «propiedades emergentes» (no siempre obvias) en un sistema. En ciertos modelos, las propiedades emergentes pueden ser deducidas formalmente (p.ej., una redistribución eficiente de recursos basada en la disponibilidad de información y en la capacidad de optimizar). Pero si en lugar de *estrategias optimizadoras* (basadas en el paradigma de la *elección racional*, núcleo de la teoría de juegos que inspira los modelos predominantes en las ciencias sociales) los agentes recurren a *estrategias adaptativas* (algo frecuente cuando muchos agentes encuentran dificultades importantes para tener acceso a la información y las capacidades de previsión que exigen los modelos basados en la teoría de la elección racional), se hace prácticamente imposible deducir las consecuencias. La simulación, pues, resulta tanto más necesaria cuanto mayor es el número de agentes que interactúan y siguen reglas con efectos no lineales.¹³

Aun tratándose de contextos heterogéneos, sugiero que entornos como los comités hospitalarios de ética asistencial, los comités de ética de la investigación clínica y las comisiones que asesoran a los representantes de las diferentes administraciones en materia de políticas científico-tecnológicas, educativas, ambientales o sanitarias, por ejemplo, constituyen instancias idóneas para aprovechar el potencial de las metodologías centradas en la simulación. En particular, si consideramos que a menudo estas comisiones manejan modelos inaceptablemente simplificadores de los sistemas complejos en los que centran sus análisis y su composición no responde ni a criterios democráticos (no permiten una representación cabal de los intereses de todos los agentes) ni a exigencias razonables de multidisciplinariedad. El modo habitual de instrumentalizar con fines ideológicos, políticos, o económicos estas comisiones es reduciendo su multidisciplinariedad, el grado de representatividad de sus miembros y sus márgenes para manejar modelos precisos que puedan favorecer consensos

12 Axelrod, *ibid.*, pp. 16-17.

13 Axelrod, *ibid.* (1997).

incómodos para la administración (la industria, los agentes económicos...) sobre alternativas inesperadas.

Los debates acerca del cambio climático, sus efectos y el diseño de políticas ambientales adecuadas proporcionan múltiples ejemplos de auténticos blindajes en estas comisiones a las aportaciones de la investigación científica y a conclusiones de informes costeados con fondos públicos.¹⁴ Pero al mismo tiempo ejemplifican el elevadísimo coste humano y ecológico de la imprevisión, del retraso en la adopción de medidas y del manejo de modelos inadecuados (sesgados, simplificadores en exceso) sobre riesgos de catástrofe y otros problemas que deben contribuir a resolver.¹⁵

Conclusión

La colaboración multidisciplinar constituye una estrategia de trabajo imprescindible para abordar problemas complejos con garantías de calidad y éxito en el proceso. A los comités de ética se asignan con frecuencia tareas de este tipo, que resultan muy difíciles de abordar si los diferentes miembros carecen de formación y hábitos de cooperación multidisciplinar. En la adquisición de estas habilidades puede resultar de gran utilidad el recurso a la simulación, partiendo de casos y problemas de distintos grados de complejidad. Su composición, por tanto, debería tener en cuenta la importancia de adquirir la capacidad para simular con acierto el funcionamiento real de las instituciones en que trabajan y obtener modelos fiables de las interacciones probables entre los agentes con intereses muy diversos. Lo que está en juego, fundamentalmente, es la capacidad de las instituciones sociales más implicadas en la educación y la investigación para dotar a los futuros profesionales de habilidades que les permitan cooperar con éxito en el tratamiento de problemas complejos, donde los errores o el retraso en las soluciones pueden tener efectos devastadores.

14 P.A. Meira Cartea (2002): *El cambio climático y la educación ambiental neoliberal (que también existe)*. Ministerio de Medio Ambiente (cfr. http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/reflexiones/meira.htm); «Now the Pentagon tells Bush: climate change will destroy us». <http://observer.guardian.co.uk/international/story/0,6903,1153513,00.html>

15 Reichhardt T. (2004): «Hurricane Ivan highlights future risk for New Orleans». *Nature* 431, p. 388.